



Resumen Auroras Polares

Julio Solís García

Observador de Meteorología del Estado jubilado.

En términos de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) un meteoro es *"un fenómeno observado en la atmósfera o sobre la superficie de la Tierra que consiste en una precipitación, una suspensión o un depósito de partículas líquidas o sólidas, así como en una manifestación óptica o eléctrica"*.

A todos nos resulta muy familiar la lluvia, la llovizna, el chubasco, la nieve, el granizo o la niebla (hidrometeoros). También estamos acostumbrados a observar la calima, el humo, la ventisca, el remolino de polvo (litometeoros), y con menos frecuencia, en zonas y momentos determinados, los tornados, las turbonadas, las trombas, o los ciclones tropicales (meteoros eólicos). Más "vistosos" resultan algunos fotometeoros como los halos y coronas (solares y lunares), el arco iris, las irisaciones (o iridiscencias) o las glorias, y otros electrometeoros más violentos, como las tormentas, los relámpagos y los truenos. Pero ahora nos detendremos en un meteoro muy especial y extraordinario...

Uno de los meteoros más llamativos y espectaculares son las Auroras Polares, que la O.M.M. define como *"Fenómeno luminoso que aparece en las capas superiores de la atmósfera en forma de arcos, bandas, draperies o cortinas"*. Estas Auroras (Boreales en el hemisferio norte y Australes en el hemisferio sur) son las manifestaciones más espectaculares y benévolas de las tormentas geomagnéticas, y que se producen al interactuar las partículas solares cargadas eléctricamente (viento solar) con los gases enrarecidos de las capas superiores de la atmósfera.

Cuando se produce una gran eyección de masa coronal desde el Sol, el campo magnético terrestre trata de desviar los electrones y protones del viento solar, aunque finalmente acaban penetrando por las zonas próximas a los polos magnéticos y colisionan con los átomos y moléculas de los gases de las capas superiores de la atmósfera (termosfera y exosfera). Esas colisiones provocan que los electrones de los átomos de nitrógeno y de oxígeno asciendan temporalmente a un estado energético superior ("excitado"), liberándose fotones de luz con distintas longitudes de onda, y por tanto de diferentes colores, al recuperarse los niveles de energía normales.

Las auroras presentan un aspecto variable y cambiante, su luminancia o luminosidad puede ser tan tenue que resulte difícil apreciarlas, o tan brillantes como las nubes iluminadas por la Luna e incluso más. En concreto su escala de luminancia es la siguiente:

- Tenue o débil, apenas visible y con una luminosidad similar a la de la vía láctea, coloreada mínimamente.

- Luminosidad equivalente a la de los Cirrus iluminados por la Luna, con una ligera coloración verdosa.
- Luminosidad similar a la de las nubes bajas iluminadas por la Luna, con coloración evidente.
- Luminosidad intensa y suficientemente brillante para leer y proyectar sombras.

El color de las auroras polares depende del gas atmosférico concreto que emita la luz, su estado eléctrico y la energía de las partículas solares. La luz auroral más brillante y más frecuente es blanca con una coloración verdosa o verdosa amarillenta, que procede del oxígeno atómico situado a 100 km del suelo aproximadamente. A una altitud de cerca de 150 km, los átomos de oxígeno individuales generan un brillo difuso de color rojo, y la luz rosácea de las franjas inferiores de los arcos y las bandas procede del nitrógeno atómico situado a altitudes bajas, alrededor de 60 km. El nitrógeno molecular emite, en cambio, una luz púrpura azulada en los niveles superiores.

Cuando la forma y la luminosidad apenas varían durante la observación del fenómeno, la aurora se denomina "en calma". Sin embargo, cualquiera de las formas de la aurora puede ser "pulsante", si se desvanece y reaparece rítmicamente. Asimismo, una aurora es "parpadeante" cuando presenta cambios rápidos, sutiles e irregulares; es "llameante" cuando ondas de luz se mueven rápidamente en sentido ascendente e iluminan las formas presentes en el cielo; y es "ondeante" si presenta variaciones horizontales irregulares, como una zona más brillante que ondula horizontalmente a lo largo de una banda.

Sin embargo, las formas en las que aparecen son tan diferentes y diversas que se pueden destacar algunos de sus rasgos característicos:

- Luminiscencia: Resplandor similar al del alba a lo largo del horizonte.
- Parches homogéneos: Parches difusos de luz auroral sin límites nítidos y sin una forma específica.
- Velo: Luz auroral general que cubre la mayor parte del cielo, si bien con poca estructura.
- Arco homogéneo: Arco que se extiende por el cielo como un puente de luz curvo y uniforme, sin ninguna estructura de rayos verticales; cuenta con un borde inferior relativamente bien definido que se distingue mejor que el borde superior.
- Banda homogénea: Banda que cruza el cielo sin la forma regular de un arco ni estructura de rayos verticales, y que es más bien un arco retorcido; el borde inferior es más irregular y menos nítido que el de un arco.
- Rayos: Rayos o focos verticales de luz auroral similares al haz de un proyector que se enfoca hacia el cielo; pueden producirse de manera individual, dispersa o conjunta.
- Arco rayado: Arco con una estructura de rayos verticales que normalmente presenta una actividad moderada de pequeños movimientos y variaciones irregulares de la luminosidad.
- Banda rayada: Banda con una estructura de rayos verticales; si los rayos son largos, puede presentar ondulaciones y dobleces, así como aspecto de cortinas o telas ondeando en el cielo; cuando el fenómeno es intenso, pueden aparecer múltiples bandas.

- Corona: Rayos u otras formas elevadas que convergen en un punto y generan una corona de aurora.

Cuando una eyección de masa coronal es lo suficientemente grande y ocurre en dirección hacia la Tierra, el aumento de la densidad y la velocidad del viento solar deforman la magnetosfera terrestre dando lugar a las tormentas geomagnéticas, origen de las auroras, que afectan a todo el planeta de forma simultánea, y en función de la velocidad que haya alcanzado el viento solar expulsado de forma súbita y violenta, pueden tardar uno o más días en producirse desde que ocurre el fenómeno en el Sol.

Tienen un carácter global, aunque las amplitudes con que se observan en distintos lugares son diferentes, siendo mayores cuanto más altas son las latitudes. Durante estas perturbaciones, que suelen durar desde varias horas hasta incluso días, el óvalo auroral se ensancha temporalmente, lo que permite percibir auroras desde latitudes más bajas de lo normal.

En el hemisferio norte, la aurora se denomina "aurora boreal" o resplandor del norte, mientras que en el hemisferio sur, la aurora recibe la denominación de "aurora austral" o resplandor del sur. La mayor parte de las veces, la luz auroral se produce a alturas entre 90 km y 150 km, si bien puede aparecer a alturas tan bajas como de 60 km y, ocasionalmente, tan elevadas como de 1 000 km o incluso superiores.

Sin embargo el Sol no tiene una actividad constante, sino que varía según periodos de 11 años de duración, en lo que se conoce como "ciclo solar", que se cuantifica en función del número de manchas solares que presenta en cada momento. La fuerza del viento solar aumenta conforme la actividad solar se acerca a su máximo en cada uno de sus ciclos.

Las manchas solares se corresponden con zonas más frías de la fotosfera solar en las que el campo magnético es muy fuerte y que se consideran como zonas activas del Sol. En estas manchas solares es donde se originan las fulguraciones solares y las eyecciones de masa coronal (CME) que se corresponden con violentas erupciones que arrojan inmensas cantidades de materia coronal al medio interplanetario, modificando la densidad del viento solar y su velocidad.

En los casos en que las tormentas geomagnéticas son más intensas es cuando se pueden producir daños sobre las infraestructuras y las personas. Por un lado, los satélites corren el riesgo de verse afectados por la acción de las partículas cargadas de energía, que pueden causar daños en su estructura o afectar a su funcionamiento, lo que puede afectar tanto a sistemas de posicionamiento, de navegación o satélites de comunicaciones, lo que supondría importantes perjuicios y pérdidas económicas en todas las infraestructuras que dependen del funcionamiento de estos sistemas. Por otro lado, son muy sensibles las redes de distribución de energía eléctrica y las conducciones metálicas subterráneas, en las que se pueden inducir corrientes inducidas geomagnéticamente (GICs). Este tipo de corriente puede ser muy perjudicial en las redes eléctricas provocando el recalentamiento de los transformadores de alta tensión y llegando incluso a quemarlos, como ocurrió en la tormenta geomagnética del 13-03-1989 que produjo el famoso apagón de Quebec (Canadá). Los gasoductos y conducciones de petróleo tienden a corroerse con facilidad por efecto de las GICs, mientras que el tráfico ferroviario se puede ver

dañado en sus sistemas de señalización con los consiguientes riesgos que ello conlleva.

Las personas también se pueden ver afectadas por fuertes tormentas geomagnéticas cuando viajan en avión durante las mismas. Por este motivo, aviones en trayectos polares suelen ser desviados durante las fuertes tormentas geomagnéticas y los astronautas deben permanecer en el interior de las naves hasta que pasa el efecto de las mismas.

La mayor tormenta geomagnética que se ha podido registrar en la historia, tuvo lugar el 1 de septiembre de 1859. Se conoce como el "*evento Carrington*" en honor al astrónomo inglés Richard Carrington, que observó la erupción solar y la asoció con una tormenta geomagnética por primera vez. Esta tormenta dejó una notable estela de Auroras por toda Europa, Centroamérica e Incluso en Hawai, con una latitud geomagnética de solo 20°. En España este fenómeno se pudo contemplar de forma bastante espectacular, y fue recogido por la prensa local de la época. Las líneas de telégrafo, que eran el principal medio de telecomunicación en la época, se vieron gravemente afectadas de forma generalizada en Estados Unidos y Europa, produciéndose incluso algunos incendios.

En la actualidad son muchos los Organismos dedicados a la "Meteorología Espacial" (Space Weather) que a lo largo de todo el mundo se dedican a la monitorización del Sol y sus efectos sobre la Tierra, aglutinando datos de satélites, Observatorios Geomagnéticos y otros sensores. Esta disciplina se ocupa del estudio de las condiciones en el conjunto Sol-Tierra como consecuencia de la actividad solar y de los riesgos derivados para las personas y los sistemas eléctricos y electrónicos, los satélites y las telecomunicaciones. En España es el "*Servicio Nacional de Meteorología Espacial (SENMES)*" quién está realizando estas tareas de monitorización y divulgación, en el que participa el Instituto Geográfico Nacional aportando datos de sus Observatorios Geomagnéticos.

El término meteorología espacial utilizado en el "*Servicio Nacional de Meteorología Espacial*" no debe confundirse con el estudio de la atmósfera utilizando los datos meteorológicos obtenidos por vehículos espaciales, que comúnmente se designan también como meteorología espacial o meteorología por satélite. A este respecto la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) incorpora en su web (<https://spaceweather.aemet.es/>) una página muy amplia y completa dedicada al "tiempo espacial" que describe las variaciones en el entorno espacial entre el Sol y la Tierra, lo que en términos de la O.M.M. se define como "*El estado físico y fenomenológico del entorno espacial natural, en particular el Sol y los entornos interplanetarios y planetarios*". El modelo de pronóstico utilizado es el "*OVATION*", basado en observaciones del viento solar en el punto de Lagrange L1 (situado a un millón y medio de km en dirección al Sol), lo que da un rango de pronóstico de entre 30 y 90 minutos. En los últimos años, se han lanzado al espacio una serie de misiones satelitales para monitorizar la actividad del Sol desde diferentes posiciones y poder alertar de la ocurrencia de eyecciones de masa coronal que puedan afectar a la Tierra. El tiempo espacial también se encarga de analizar en tiempo real y prever los posibles efectos en los sistemas biológicos y tecnológicos.

Si bien las Auroras son frecuentes en altas latitudes, observándose principalmente en arcos próximos a los polos magnéticos (los óvalos aurorales), cuando están asociadas

a tormentas geomagnéticas extremas pueden llegar a verse en latitudes mucho más bajas.

Durante este año 2024 se han podido observar auroras en latitudes realmente muy bajas, en muchísimos puntos de la Península Ibérica e incluso en las Islas Canarias. Existen multitud de imágenes desde diferentes pueblos y ciudades peninsulares capturando este particular fenómeno, aunque lo tenemos especialmente documentado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, que lo ha podido estudiar desde sus incomparables instalaciones del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma, donde se ubica el mayor telescopio óptico del mundo, y que goza de uno de los cielos más limpios y transparentes del planeta que lo hacen particularmente apto para la observación astronómica.

En particular el pasado día 10 de mayo se pudieron conseguir impresionantes imágenes del evento. Durante esos días el Sol estuvo inusualmente activo, notándose especialmente con la llegada de erupciones solares originadas, sobre todo, en una región activa que se conoce como AR 3664. Este es un grupo muy grande y complejo de manchas solares en el que el campo magnético está muy retorcido, produciéndose una serie de tensiones que acaban dando lugar a explosiones muy violentas que expulsan plasma solar, muy energético, a alta velocidad, y que terminan alcanzando nuestro planeta.

Una actividad tan intensa como la de esos días no se registraba desde hacía prácticamente 20 años. Recordemos que ahora el Sol se está acercando al máximo de su ciclo de actividad, esperando alcanzarse en el año 2025 para posteriormente ir disminuyendo progresivamente. La actividad que se ve ahora es la esperable para esta fase del ciclo, aunque es relativamente infrecuente la situación vivida durante este año 2024. La excepcionalidad de los episodios de este año se debe a la coincidencia entre la tormenta solar de una zona específica de manchas solares con la posición relativa de la Tierra, que son dos cosas difíciles que ocurran simultáneamente.

Por último, destacar que las Auroras Polares se producen no solamente en la Tierra, sino que en todos los planetas de nuestro Sistema Solar que tienen un fuerte campo magnético, como son los casos de Saturno, Urano, Neptuno, y particularmente Júpiter, que tiene la más importante magnetosfera de todos los planetas, alcanzando 7 millones de km en dirección al Sol y más de 700 millones de km en dirección contraria (llegando casi hasta la órbita de Saturno), se han podido detectar estos fenómenos desde las sondas espaciales que los han visitado, aunque a unas escalas gigantescas, en términos de dimensiones y energías involucradas, que dejan en ridículo a las de nuestro planeta.

Málaga, 18 de noviembre de 2024